Engenharia sem Fronteiras Associação para o Desenvolvimento
Grupo de cooperação Sistemas de água e saneamento para o desenvolvimento. EUITI-UPM
Universidade de Castilla la Mancha
Universidade Politécnica de Madrid

© Mancebo J.A., Rebassa G. 2010. Foto de portada BM-II en C.S. de Mesa (Cabo Delgado, Mozambique)

DISEÑO: Más Gráfica
MAQUETACIÓN: Inventia
IMPRIME: Artegraf, S.A.

Depósito Legal: M-xxxxx-2010

Bomba de Corda Sobreelevada (BM-II)

Manual prático de construção, instalação, operação e manutenção

Mancebo Piqueras, J.A.
Rebassa Tous, G.

Asociación para el Desarrollo

índice

PRIMEIRA PARTE

Manual prático de construção, instalação, operação e manutenção

1. Introdução 10

1.1. Antecedentes 10
1.2. Contexto 11

2. Descrição geral da bomba de corda e do seu funcionamento 13

3. Construção da bomba de corda sobreelevada 14

Polé ou roda motriz 15
Polé superior 17
Estrutura mastro suporte e placa base 17
Corda com pistões 19
Tubagens de impulsão e retorno 21
Polé-guia inferior submersa 22
Alguns melhoramentos realizadas no desenho e na fabricação 24

4. Instalação da bomba de corda BM-II 24

Situação do poço e acondicionamento 24
Preparação para a instalação 25
Construção da placa base 25
Instalação da polé motriz 27
Instalação do mastro 27
Instalação dos componentes hidráulicos da bomba 28
Acabamentos de pintura 33

5. Operação da bomba de corda 34
Operação da bomba de corda 34

6. Manutenção 36

Conceitos básicos de salubridade a ter em conta 39

7. Fontes documentais e bibliografia 39

SEGUNDA PARTE

Anexos

Anexo 1

Os diferentes tipos de bomba de corda. Inovações:
A bomba de corda mista 42

Partes fundamentais da bomba BM-I 43
A bomba de corda combinada 44
Outras inovações 45

Anexo 2

Breve comparação das bombas manuais dentro de aplicação
da bomba de corda 47

Anexo 3

Lista de materiais e estimativa de custos para BM-II em Moçambique .. 48

PRÓLOGO

Este manual foi realizado no âmbito do projecto financiado pela Universidade de Castilla-La Mancha e AECID para a Engenharia sem Fronteiras, Associação para o Desenvolvimento (ISF ApD) e que foi lançado pela própria ISF ApD e o Grupo de Cooperação Sistemas de água e Saneamento para o Desenvolvimento da Escola Universitária de Engenheiros Técnicos Industriais da Universidade Politécnica de Madrid.

O projecto faz parte de uma iniciativa mais ampla de Cooperação Sul -Sul, iniciada no ano 2008. No princípio desse ano foi reconhecida a necessidade de sistematizar o conhecimento e a experiencia, acumulados pela ISF ApD em Nicarágua, no uso de bombas de corda, ali chamadas bombas de mecate. Fruto desse trabalho, onde foi incluída uma visita a Nicarágua para procurar informação sobre os 3 principais fabricantes desse país, foi realizado um estudo detalhado sobre técnicas de construção e manutenção das bombas, avaliando a necessidade de transferir esses conhecimentos para Moçambique.

Em Moçambique, a ISF ApD tinha começado a trabalhar num programa de apoio à reabilitação de centros de saúde nas áreas rurais, no ano 2007, colocando a possibilidade de utilizar tecnologias apropriadas e inovadoras. A vantagem de realizar instalações modelo de bombas de corda, ali chamadas bombas de mecate, foi vista como uma oportunidade para aproveitar o conhecimento acumulado. Deste modo, em 2009 foram realizadas as instalações e o trabalho de capacitação em melhoramentos de construção e manutenção por um construtor de bombas de corda de Cabo Delgado, província onde se situa o programa da ISF ApD em Moçambique.

Um dos resultados deste processo é o manual aqui apresentado. Foi elaborado para ser uma ferramenta útil para o desenvolvimento de capacidades na construção e na manutenção deste tipo de bombas. Não teria sido possível sem a participação da Universidade de Castilla-La Mancha, a Universidade Politécnica de Madrid e a da própria ISF ApD. Também não teria sido possível sem a participação de todos os que colaboraram em Moçambique para o arranque de toda esta iniciativa.

O nosso agradecimento a todos, esperando que este manual sirva para o processo de Desenvolvimento de Moçambique.

ISF ApD

março de 2010

PRIMEIRA PARTE

Manual prático de construção, instalação, operação e manutenção

1. INTRODUÇÃO

1.1. Antecedentes

Durante os últimos anos, a bomba de corda, desenvolvida na América Central, atravessou o Oceano Atlântico para se introduzir com êxito em numerosos países de África, devido em grande parte às iniciativas de organizações como a ONG ·"Fundação Prática" e aos trabalhos de pesquisadores, como Henk Holstag. Simultaneamente foi elaborada a documentação necessária para a divulgação desta tecnologia em África, principalmente em Inglês e Francês.

Considerando todos os aspectos anteriores, continuava sem se estender no continente africano, ou pelo menos sem a suficiente difusão, um tipo de bomba de prestações ampliadas, como a bomba de corda sobreelevada, modelo BM-II. Esta bomba permite subir a água até 5 ou 6 m por cima do nível do solo, podendo ser despejada num depósito que, por sua vez, alimenta uma rede de distribuição, sendo possível alcançar, por gravidade, pontos de água situados a várias centenas de metros de distância do poço.

Além das prestações da BM-II, também se pode descarregar à altura do eixo da roda motriz, pudendo funcionar como uma bomba de corda normal tipo BM-I. A edição da documentação que o leitor tem nas suas mãos, em português e em espanhol, trata de contribuir para melhorar o acesso à água.

Este trabalho divulgativo enquadra-se dentro das actividades de um projecto mais amplo, constituído como uma colaboração multilateral e denominado "Transferência de tecnologia apropriada Sul-Sul para bombagem e subida de água em Centros de Saúde Rurais". Esta parte final do projecto tem os principais objectivos:

- Trabalhos sobre protótipos básicos na EUITI-UPM anteriores a 2008.
- Actividade Académica promovida conjuntamente pela ISFApD-UPM com um complemento formativo sobre o estado desta tecnologia em Nicarágua (2008).
- Construção de um protótipo de bomba de corda sobreelevada na EUITI dentro das actividades de um PFC (autor: Rebassa, G, 2009) e da formação específica em Hidráulica Aplicada para Projectos de Desenvolvimento (Assinatura de livre eleição na UPM).
- Formulação de um convénio de colaboração de Engenharia sem Fronteiras-ApD com o oficina de Firmino de Pemba (Moçambique), que já instalou bombas de corda tipo BM-II na região norte de Moçambique, para a fabricação, a montagem e o arranque de duas bombas BM-II.
- Construção e colocação em funcionamento de duas bombas de corda tipo BM-II para os abastecimentos de água nos centros de saúde de Linde e Meza, distritos de Montepuez e Ancuabe, incluída a formação do pessoal local, como parte do programa de transferência Sul-Sul referido, contando com o financiamento da Universidade de Castilla La Mancha, UCLM.

1.2. Contexto

Esta bomba será inicialmente utilizada nos centros de saúde rural incluídos no Convénio AECID implementado pelo ISF-ApD nos distritos de Ancuabe e Montepuez na província de Cabo Delgado, Moçambique. Entre os objectivos do referido convénio está o melhoramento do acesso sustentável aos serviços básicos de abastecimento de água nos centros de saúde. Com este fim, foi construído em cada centro um poço encamisado com tubagem de PVC de 100 mm de diâmetro. A profundidade dos poços é de 30 a 40 metros, embora os níveis estáticos estejam entre 5,5 e 10m.

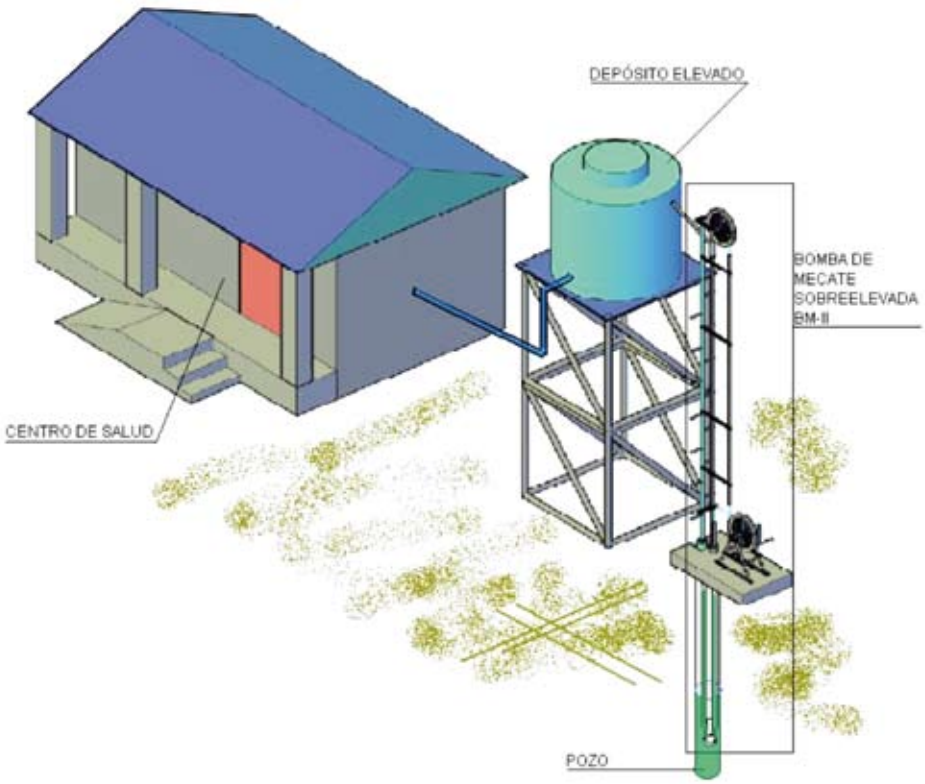
FIGURA 1. EXTRACÇÃO PRECÁRIA DE ÁGUA NUM POÇO. MONTEPUEZ, MOÇAMBIQUE. 2009

A introdução da bomba de corda seria bastante útil nestes centros, já que sem acesso à água, não existe acesso à energia eléctrica e por conseguinte é impensável a introdução de tecnologias de bombeamento utilizando essa fonte de energia. Por outro lado, como o centro de saúde dispõe apenas de uma pessoa para as actividades de controlo dos pacientes, os factores de produção diários exigem um grande esforço que obriga esta pessoa, por exemplo, a deslocar-se até fontes

afastadas para aprovisionar o centro de água. Por essa razão, a capacidade de armazenamento elevado que proporciona a BM-II é muito importante para o melhoramento do acesso à água, já que com um depósito de acumulação com uma altura suficiente, poderia haver uma rede de abastecimento dentro do próprio edifício do centro de saúde (Fig. 2).

FIGURA 2. DISPOSIÇÃO DOS ELEMENTOS BÁSICOS DE CAPTAÇÃO E BOMBEAMENTO ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA UM CENTRO DE SAÚDE

ESQUEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA A UN CENTRO DE SAÚDE
COM BOMBA DE MECATE SOBREELEVADA BM-II



Contudo as possibilidades de aplicação da bomba de corda sobreelevada em Moçambique ultrapassam amplamente o âmbito dos centros de saúde rurais e abrangem também o abastecimento público ou privado para uso humano, para o gado e inclusivamente a rega agrícola a pequena escala, com grandes vantagens de prestações, sustentabilidade e custo reduzido, sendo também uma tecnologia de fabricação local e de fácil instalação e manutenção.

2. DESCRIÇÃO GERAL DA BOMBA DE CORDA E DO SEU FUNCIONAMENTO

Essencialmente, a bomba de corda é uma bomba volumétrica de deslocamento positivo cujo funcionamento está baseado na captura e confinamento de uma sucessão de pequenos volumes de água que, de um modo similar a uma nora, são subidos até à borda do poço (BM-I), ou até uma altura superior, 3-6 metros (BM-II). Para conseguir este objectivo dispõe-se de uma corda que arrasta um conjunto de pistões com uma separação de 1 metro e atravessados por um orifício central. Quando a corda passa com os pistões pelo interior de um tubo de plástico de um diâmetro algo maior que os pistões e com suficiente folga para seu deslizamento, a água apanhada no troço submerso do tubo vertical, sobe com a corda, já que os pistões impedem o seu retrocesso pelo tubo. Na altura requerida há uma saída lateral do tubo pela qual a água é conduzida por gravidade até ao depósito elevado. A corda continua o seu caminho e inverte o sentido ascendente rodeando uma roda superior, dirigindo-se depois para a roda de tracção inferior situada perto do nível do solo, que puxa a corda ao forçar manualmente o seu giro. De aí desce novamente para o poço num circuito fechado.

Como indicado, o movimento da corda, que está convenientemente esticada, é exercido pela roda de tracção inferior, accionada manualmente por uma manivela coaxial com o eixo da roda, mediante um movimento circular contínuo. Deste modo a energia exterior a exercer pelo operador da bomba é a energia necessária para girar a roda de tracção inferior com um binário de giro suficiente para vencer a resistência que oferece a corda com os pistões em todo o percurso.

Exemplo do aproveitamento energético na BM-II:

- Profundidade do nível de água: 11 m.
- Diâmetro interior do tubo de subida: 19 mm.
- Elevação sobre o terreno: 5 m.
- Diâmetro da roda de tracção: 430 mm.
- Resultado:
  Para um caudal de 1000 litros/hora obtém-se uma potência de accionamento de 48 W, perfeitamente assumível por uma criança ou uma mulher sem esforço excessivo. Também é

significativo o rendimento de aproximadamente 90 %, maior do que o das melhores bombas convencionais do mercado.

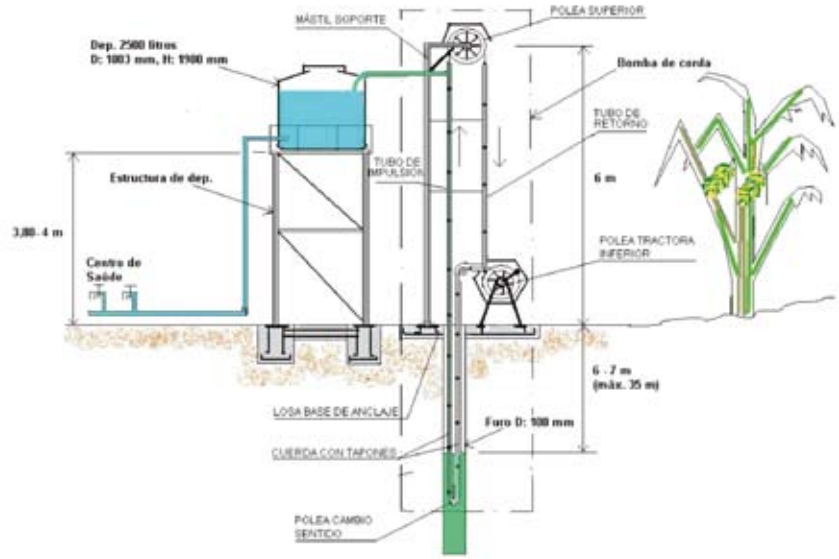
3. CONSTRUÇÃO DA BOMBA DE CORDA SOBREELEVADA

A construção da bomba requer em primeiro lugar suficientes materiais e ferramentas. Está incluído no equipamento o material específico de qualquer pequena oficina de serralharia: soldadura por arco eléctrico, disco de corte, ferramentas de operação manual, etc.. Os materiais são detalhados mais adiante.

Em primeiro lugar, é preciso possuir um conhecimento geral sobre os subconjuntos da bomba, indicados na (Fig.3), que mostra o esquema geral da bomba de corda construída e instalada em Linde, Moçambique.

FIGURA 3. ESQUEMA GERAL DA INSTALAÇÃO DE UMA BOMBA DE CORDA. ELEMENTOS PRINCIPAIS

ESQUEMA GERAL DE BOMBA DE CORDA E DEPÓSITO. CENTRO DE SAÚDE DE LINDE, DISTRITO MONTEPUEZ. PROVINCIA CABO DELGADO. MOÇAMBIQUE
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID-ESPAÑA, AGOSTO 2009



A bomba de corda BM-II está constituída pelos seguintes subconjuntos:

- Polé de tracção ou motriz.
- Polé superior.
- Estrutura suporte e placa base.
- Corda com pistões.
- Tubagens de impulsão e retorno.
- Polé-guia inferior submersa.

Indicamos a seguir o processo de construção das distintas partes da BM-II.

Polé ou roda motriz

É o elemento que transmite a potência motriz a todo o circuito de impulsão. Utiliza-se um pneu usado (entre 16" e 20") do qual se aproveita a parte mais próxima da jante metálica. Uma vez cortadas as duas peças e unidas fechadas em "V", melhora-se a aderência da corda e dos pistões (Fig. 4). Mediante platinas metálicas unem-se duas peças e raios de vara metálica, unidos às platinas com soldadura, asseguram a nova roda ao eixo. Para conseguir uma boa concentricidade é conveniente habilitar previamente uma ferramenta (Fig. 5), e sobre ela construir a roda motriz. O diâmetro da roda medido no vértice do "V" oscila entre 450 e 500 mm (Tabela 1).

Finalmente constrói-se a estrutura de apoio da polé. (Fig.7) com angulares de 35x35 na base e perfil tubular ou redondos canelados de ø 12 mm ou 14 mm, sobre os quais se colocam os rolamentos onde se encaixa o eixo da polé.

FIGURA 4. CORTE NO PNEU PARA CANAL DA POLÉ

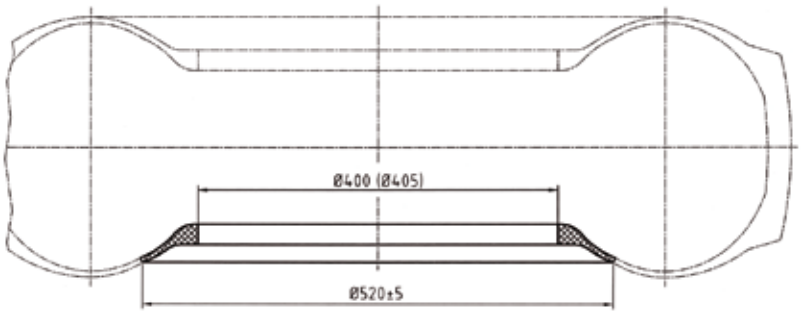


FIGURA 5. FERRAMENTA PARA FABRICAÇÃO DE POLÉS

FIGURA 6. POLÉ SECCIONADA

FIGURA 7. ESTRUTURA SUPORTE COM POLÉ

FIGURA 8. SUPORTE E COBERTURA DA POLÉ MOTRIZ

Polé superior

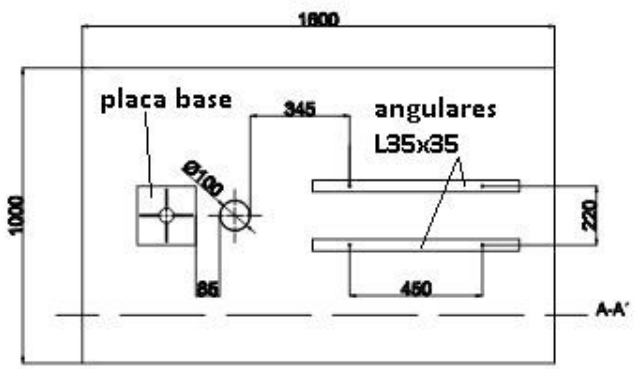
Constrói-se com o mesmo procedimento que para a polé motriz, embora em certas ocasiões se lhe dê um diâmetro algo menor (400 a 450 mm). Deve incorporar também rolamentos e um suporte metálico que a unirá ao mastro.

Estrutura mastro suporte e placa base

A base serve de apoio e para a ancoragem do suporte da polé motriz, permite a passagem dos tubos de impulsão e retorno e é também a fundação onde se apoia o mastro metálico que serve de suporte da polé superior e para a ancoragem dos tubos. Está composta por uma placa de betão armado de 1,6 m x 1 m aproximadamente, com estrutura inferior de 6 a 8 redondos de aço canelado de ø 12 em duas direcções (Fig. 9). Partindo desta estrutura instala-se a placa base do mastro (Fig. 11), e as platinas ou angulares para fixação do suporte da polé motriz (Fig. 12). A betonagem da placa deve ser feita no próprio lugar, com betão de resistência característica 225 kp/cm2 ou maior. Dado que em certos locais é difícil encontrar agregado grosso, recorre-se ao de britagem, já que aumenta a retracção do betão e por tanto necessita-se mais água de cura para evitar a fissuração. É conveniente cobrir a superfície com plástico para reduzir a evaporação e melhorar a cura do betão.

O mastro é um perfil tubular de 50 mm diâmetro, soldado ou aparafusado na placa base e contraventamento com vários cabos. Deve ter saliências para permitir subir por ele (Fig. 10) e poderá ser amarrado à estrutura do depósito, se o mesmo for acessível. Para a união à placa metálica da base convém colocar quatro chapas de gousset triangulares de reforço. É conveniente construir o mastro numa oficina e unir três anéis para a amarar o mastro no terreno com cabos ou cordas.

FIGURA 9. PLACA BASE DE BM-II



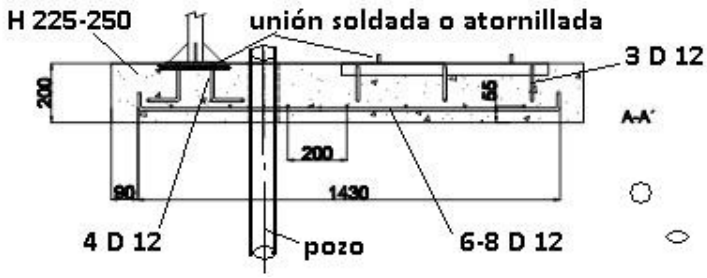


FIGURA 10. MASTRO COM SUPORTE DE POLÉ SUPERIOR, ESCALAS E POLÉ DIRECIONADORA

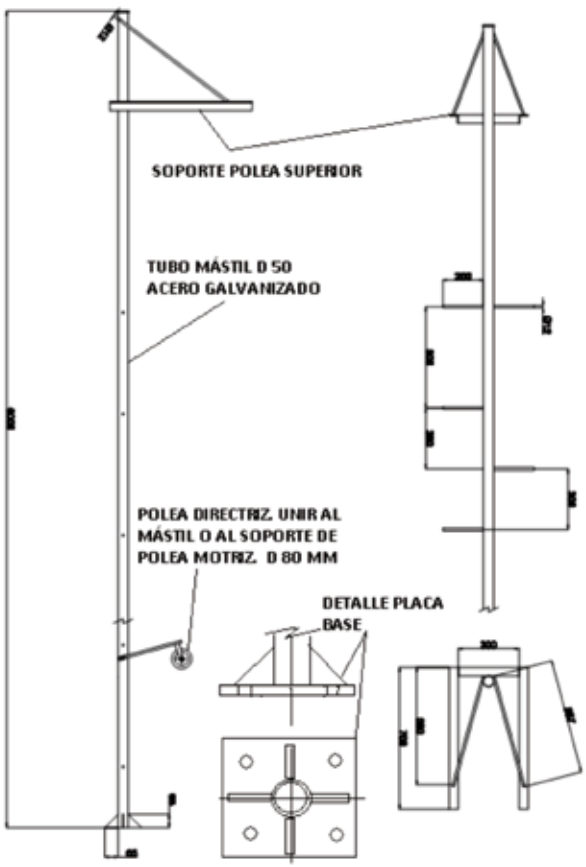


FIGURA 11. PLACA BASE DO MASTRO

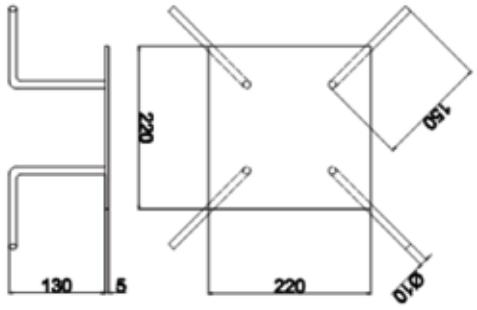
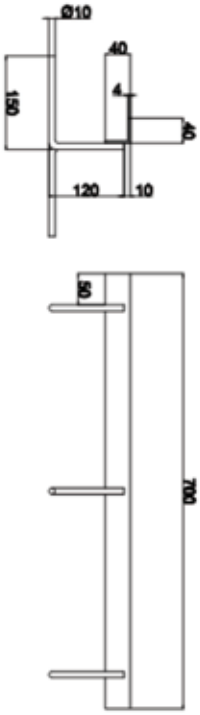


FIGURA 12. ANGULARES PARA ANCORAGEM DO SUPORTE DA RODA



Corda com pistões

Em contacto com a água, a corda deve conservar as suas propriedades. Por outra parte deve manter o comprimento sem alongamento excessivo com o tempo. Recomenda-se utilizar polipropileno de 4 mm de diâmetro como mínimo. Para profundidades de mais de 20 m, recomenda-se utilizar corda de ø 5-6 mm. A corda se entrelaça ou ata nos extremos.

Os pistões são outro ponto delicado da bomba. Deslocam-se pelo interior da tubagem com um volume de água entre dois pistões e subindo-a até à saída, portanto são uma das partes mais importantes da bomba.

É absolutamente necessário que os pistões tenham um ajuste livre com o diâmetro interior da tubagem, para conseguir um equilíbrio entre a fricção e as perdas por filtração. A experiência demonstra que o diâmetro deve ser menor no interior da tubagem (entre 0,8 a 1,5 mm). Uma folga superior aumentaria as perdas por fugas de água com um pistonamento ao seguinte inferior e um ajuste menos livre daria lugar a fricções excessivas com a tubagem de impulsão. Em ambos os casos, o rendimento diminui e se a fricção afectar a tensão da corda pode provocar que ela se parta.

Além do ajuste com a condução também é muito importante a forma do pistão. É uma peça com a qual se consegue continuamente novos aperfeiçoamentos para tentar melhorar o desenho. A forma que dá melhores resultados é a tronco cónica, já que facilita a canalização e melhorar a entrada na embocadura inferior e o avanço do pistão pela tubagem, o que reduz as perdas por filtração (Fig. 13).

Os pistões são fabricados com materiais reciclados: PVC, vulcayán, PE, borracha, etc. Existem vários modos de fabricar os pistões:

- Por fusão do material e nova conformação com um molde, que pode ser de alumínio ou aço, introduzindo no molde o material fundido ou em estado pastoso (por exemplo PVC fundido, a 125 ºC aproximadamente). Quando solidificado, extrai-se o pistão do molde e faz-se um furo para passar a corda, conforme o método seguido em Nicarágua. No entanto, os novos equipamentos da EUITI-UPM, são realizados com um molde cujo furo é feito durante a fusão.
- Por punção a frio; utilizado em certas oficinas em Moçambique. Deste modo consegue-se um pistão cilíndrico de pequena espessura, (uns 5 mm), com uma superfície lateral irregular. Por conseguinte, o ajuste com a tubagem não é muito perfeito e o rendimento da bomba é menor. Para esta forma de pistão é preciso um material com fluência a frio, como a borracha dos pneus.

O acoplamento da corda e dos pistões é realizada numa oficina e consiste em montar os pistões o longo da corda com uma separação de 1 m cada dois pistões. Uma separação menor provocaria troços com levantamento da corda nas polés e falta de contacto. O deslizamento dos pistões pela corda resolve-se por meio de nós, um antes e outro depois do pistão, que dificultam esse movimento. Os nós provocam um desalinhamento da corda que estorva a sua entrada na tubagem e o deslocamento por ela, já que se desvia o eixo do pistão em relação ao da tubagem de impulsão. Esta anomalia pode ser resolvida com os novos desenhos, suprimindo os dois nós. Para isso, faz-se um ajuste forçado no orifício pistão-corda e coloca-se uma pequena braçadeira de plástico que impede o retrocesso do pistão quando o peso da água consegue vencer a resistência do ajuste referido.

FIGURA 13. FABRICAÇÃO DE PISTÕES

FIGURA 14. PISTÕES DE PLÁSTICO TERMINADOS

FIGURA 15. PISTÃO NA CORDA

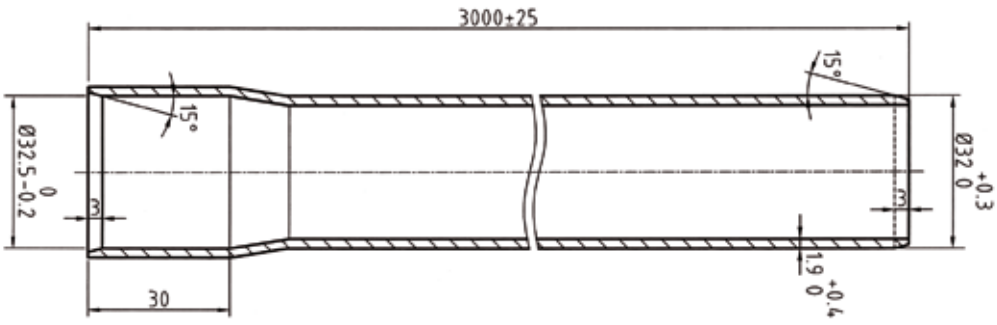
Tubagens de impulsão e retorno

Podem ser adquiridas no mercado nacional do país de aplicação. São de PVC alimentar ou de saneamento, com uma espessura mínima de 1.9 mm (Fig. 16). Existem outras espessuras: 2.4 mm e 3.0 mm. Em Moçambique a bomba BM-I tem sido instalada com PVC de canalização eléctrica, com uma espessura de 1 mm ou menor, que não resulta adequado para a BM-II já que quando o tubo se eleva até 6 m desde o nível do solo deve ter suficientes rigidez e resistência à deformação por flexão, o que exige tubos de uma espessura mínima de 1.9 mm.

TABELA 1. DIÂMETROS DA TUBAGEM DE IMPULSÃO E DA RODA MOTRIZ

Altura de impulsão	0 a 6 m	6 a 10 m	10 a 20 m	20 a 30 m	30 a 40 m
Diâmetro interior do pneu da polé.	20"	20"	18" o 20"	16"	15"
Diâmetro da tubagem de impulsão	1 ½"	1"	¾"	½"	½"

FIGURA 16. SECÇÃO DA TUBAGEM DE PVC 32X1.9 L 3000



Na parte da descarga, a tubagem de impulsão liga-se com uma peça em (T), de maior diâmetro, da qual sairá transversalmente o troço que descarga no depósito elevado, também de 40 mm de diâmetro mínimo.

A tubagem de retorno serve principalmente para isolar a corda e as tampas do exterior e, portanto, o seu diâmetro será um pouco maior que para a impulsão.

Para facilitar as tarefas de montagem e manutenção será construída uma peça de embocadura como tampa do poço com três passagens circulares; uma para cada tubagem (impulsão e retorno) e outra para um cabo ou corda de levantamento que se atará a um elemento do suporte da bomba (Fig. 17).

Também serão fabricadas várias braçadeiras para a ancoragem das tubagens no mastro.

Todos os componentes metálicos serão pintados com primário antioxidante.

FIGURA 17. TAMPA DO POÇO COM ORIFÍCIOS PARA TUBOS. MOÇAMBIQUE

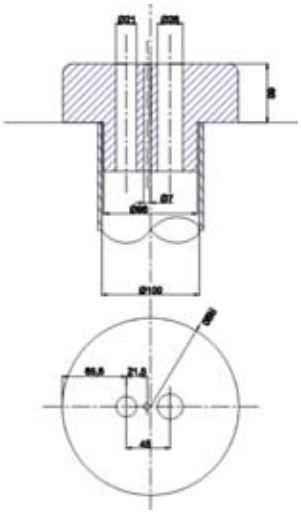


FIGURA 18. TAMPA COM ORIFÍCIOS PARA TUBOS. NICARÁGUA

Polé-guia inferior submersa

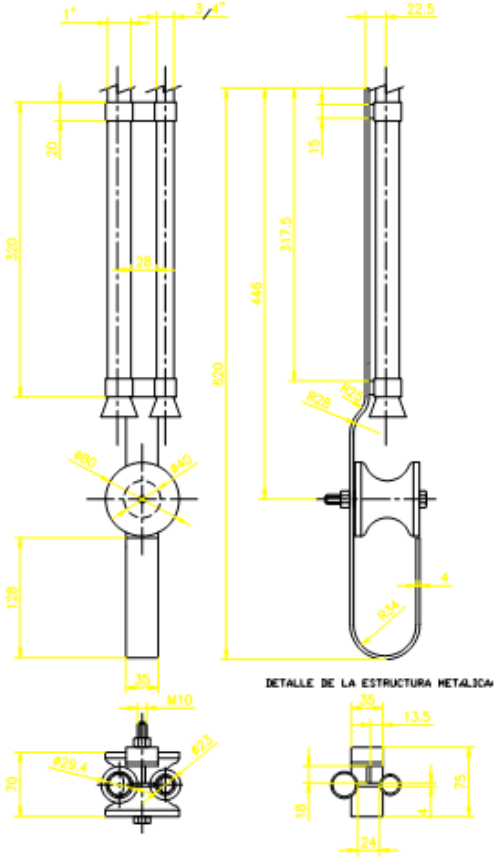
Este subconjunto também é muito importante, já que é nele que se produz a mudança de sentido da corda com os pistões na zona submersa do poço; a corda sai do tubo de retorno e introduz-se no tubo de elevação. Existem vários tipos de polé: as polés betonadas (Fig. 20), aptas para poços perfurados mecanicamente ou manualmente), e as polés formadas por uma forquilha ou

braçadeira que suportam uma pequena polé (Fig. 19). Os modelos betonados devem descansar no fundo do poço. Se ele for muito profundo, aumenta o comprimento das tubagens dentro do poço sem necessidade e o deterioração é considerável. Assim que é mais aconselhável a construção da polé-guia aligeirada, unida aos tubos de PVC e mediante o cabo ou corda de levantamento, aos suportes exteriores. A polé com uma superfície muito lisa, por exemplo de cerâmica, pode ser montada fixa com o giro impedido, ou de giro livre e neste caso a resistência à passagem da corda será menor. A experiência no laboratório com este tipo de polé-guia foi positiva e por conseguinte, recomenda-se sua utilização. (Fig. 19 e Fig.21).

FIGURA 19. POLÉ-GUIA INFERIOR SUSPENDIDA NA TAMPA

FIGURA 20. POLÉ -GUIA BETONADA. APOIO NO FUNDO

FIGURA 21. SUBCONJUNTO DA POLÉ GUIA INFERIOR



Alguns melhoramentos realizados no desenho e na fabricação

O trabalho conjunto de desenhadores e fabricantes oferece, como resultado, a introdução de melhoramentos, especialmente durante as fases de construção e montagem da bomba, incluso podemos afirmar que cada bomba exige incorporar algumas inovações para melhorar as anteriores. A seguir indicamos alguns progressos realizados na montagem das bombas de Linde e Mesa durante os meses de Agosto e Setembro de 2009.

- Estrutura de sobre elevação.
  - Laje de fundação, de betão armado e placas embebidas.
  - Polé directora giratória fixada no suporte da polé motriz.
  - Recobrimento da corda em todo o percurso.
  - Suporte de tubagens.
- Melhoramento da estrutura da polé motriz.
  - Rigidez. Mediante tubos. União aparafusada na base.
  - Simplicidade de desenho e instalação e menos peso.
  - Cobertura de chapa galvanizada estanque nas duas polés.
- Utilização de rolamentos substituindo os anteriores, de madeira ou tubo de aço/PVC, que suavizam o giro da polé, melhorando a efectividade e o esforço motor.
- Melhoramento da manivela. O aumento do braço aumenta o momento actuante.

4. INSTALAÇÃO DA BOMBA DE CORDA BM-II

Devido à simplicidade da fundação, a bomba de corda, é fácil de instalar. No entanto exige um processo, que está indicado a seguir:

Situação do poço e acondicionamento

Se o poço já estiver construído, não se poderão colocar focos potencialmente contaminantes como latrinas, lavadeiros, currais de animais, etc. Para evitar contaminações do aquífero, deve-se considerar uma distância superior a 50 metros. Para aumentar o isolamento hidráulico do poço em relação a lixívias e outros contaminantes, impermeabiliza-se a parte superior do poço, seja ele perfurado mecânica ou manualmente.

Também é importante construir um dreno de betão, com descarga canalizada, para evitar o estancamento de água à volta do poço, não só para evitar a infiltração no terreno, senão também

como medida de prevenção de doenças, como a malária, sendo as águas superficiais o lugar preferido dos insectos vectores. A drenagem levará a água despejada durante o enchimento dos recipientes até uns 20 m do poço. Finalmente, seria conveniente instalar uma vedação para evitar a entrada de animais no recinto do poço e ter melhor controlo do mesmo pela associação de usuários.

Preparação para a instalação

Previamente foi determinada a idoneidade do poço, conhecem-se os níveis estático e dinâmico e a previsão de descida em época de chuvas.

Além do equipamento próprio de oficina, são necessários outros materiais de menor custo utilizados durante a montagem da bomba, como por exemplo:

- Fita métrica.
- Serrote de metal.
- Lixa de grão fino.
- Marcador permanente.
- Líquido de limpeza (desengordurante).
- Adesivo para PVC.
- Trapo de tecido absorvente.
- Lubrificante e gordura consistente.

Construção da placa base

A placa, de umas dimensões aproximadas 1,8 m x 1 m x 0,25 m precisa uma escavação dessas dimensiones, limitadas por um paliçada de madeira que servirá de cofragem lateral. As actividades principais são:

- Escavação e retirada de terras.
- Colocação de uma cerca de madeira para cofragem.
- Preparação de uma estrutura de aço (Fig. 22).
- Apresentação da estrutura respeitando o tubo do poço.
- Colocação da placa base do mastro e angulares embebidos do suporte da polé motriz (Fig. 23).
- Preparação do betão no local, procurando árido grosso a base de cascalho de 5 a 20 mm.

- Despejo do betão eliminando bolhas mediante furado com vara.
- Recobrimento com plástico.
- Endurecimento mínimo 4 a 5 dias (Fig.24).

FIGURA 22. PREPARAÇÃO DE ESTRUTURA DA PLACA

FIGURA 23. COLOCAÇÃO DA PLACA BASE DO MASTRO E BETONAGEM

FIGURA 24. PLACA TERMINADA

FIGURA 25. POLÉ MOTRIZ SOBRE PLACA

Instalação da polé motriz

A base do suporte vai aparafusada às cavilhas e soldada aos angulares embebidos na placa base (Fig. 25). Deve-se verificar bem as distâncias até ao poço para poder ajustar correctamente o circuito da corda dentro dos tubos.

Instalação do mastro

Quando endurecido o betão da base, pode-se unir o mastro mediante soldadura à placa metálica, (o caso de Linde); ou pode ser aparafusada nas cavilhas roscadas colocadas na betonagem da fundação, como no caso de Mesa. Também se devem colocar os cabos de contravento entre estacas ou barras de aço pregadas no terreno e as anilhas soldadas ao mastro. Se o depósito estiver anexo ao mastro, deveria também colocar-se uma ancoragem entre os dois com um angular de L 25x25 ou mediante redondo de aço canelado de Ø12 mm. Deve-se soldar o suporte da polé superior antes de colocar o mastro na sua posição definitiva e colocar os suportes para as tubagens de bombeamento e retorno a uma distância adequada.

FIGURA 26. PREPARAÇÃO DO MASTRO

FIGURA 27. COLOCAÇÃO DO MASTRO

Instalação dos componentes hidráulicos da bomba

Em primeiro lugar, deve-se delimitar uma área de trabalho adequada, limpa e próxima do poço. Nessa área devem-se colocar todos os componentes da bomba bem ordenados (Fig.28). A seguir, devem-se realizar as principais operações de montagem das condutas e polés da bomba.

1. Verificar a profundidade do poço com a sonda de nível de água ou com uma corda e uma fita métrica. Com o resultado da medição pode-se calcular o comprimento das tubagens. Recomenda-se colocar as tubagens pelo menos a 1 m por baixo do nível dinâmico da água no poço.
2. Verificar o estado de todos os tubos e as junções para ver se existe algum defeito de fabricação ou devido ao transporte e preparar a montagem dos distintos troços.
3. Apresentar os tubos de retorno e introduzir a corda com os pistões (Fig.31), com ajuda de um arame, verificando o sentido de avanço dos pistões.
4. Limpar todas as superfícies de contacto das tubagens, lixar para conseguir melhor aderência e proceder à união. Estas junções podem ser emparelhadas com macho e fêmea (Fig.30) ou com casquilhos.

FIGURA 28. PREPARAÇÃO DOS TUBOS

FIGURA 29. PREPARAÇÃO DE JUNÇÕES POR AQUECIMENTO

FIGURA 30. REALIZAÇÃO DA UNIÃO

FIGURA 31. CORDA COM PISTÕES PREPARADA PARA A MONTAGEM

5. Colocar a guia inferior, fazendo passar a corda com as tampas e repetir o mesmo procedimento com a tubagem de impulsão (Fig.32 e Fig.33).

FIGURA 32. INTRODUÇÃO DA CORDA E UNIÃO DOS TUBOS COM COLA

FIGURA 33. COLOCAÇÃO DA GUIA INFERIOR

6. Unir ambas as tubagens para dar mais rigidez ao conjunto, por meio de braçadeiras de aço galvanizado já que vão estar dentro do poço (Fig.34).
7. Passar as tubagens através da tampa do poço (Fig. 35).

FIGURA 34. BRAÇADEIRAS UNINDO OS TUBOS DE IMPULSÃO E RETORNO

FIGURA 35. COLOCAÇÃO DA TAMPA COM TUBOS E CORDA

8. Assegurar a atadura da corda para evitar seu deslizamento para dentro do poço.
9. Introduzir as tubagens no interior do poço. Para levar a cabo esta tarefa são necessários pelo menos 3 operários, para evitar que as tubagens sofram danos devidos a uma flexão excessiva (Fig.36 e Fig.37). O caso apresentado nas figuras corresponde ao centro de saúde de Mesa (Moçambique, 2009), onde se utilizou tubo de PVC de canalização eléctrica. A utilização de PVC de saneamento, de maior espessura, dará mais rigidez às condutas.

FIGURA 36. INÍCIO DE INTRODUÇÃO DA GUIA INFERIOR E DOS TUBOS NO POÇO

FIGURA 37. INTRODUÇÃO DOS TUBOS NO POÇO

10. Para o modelo BM-I, será suficiente deixar 20 a 40 cm de tubagem por encima da tampa. Para o modelo BM-II pode ser até 6 m, em função do projecto.
11. Medir o comprimento de elevação para cortar as tubagens. Deve-se considerar que impulsão e retorno são distintos em diâmetro e comprimento.
12. Nos extremos superiores da tubagem de elevação, colocar o "Tê" de descarga, de maior diâmetro que a tubagem de impulsão (Fig.38).
13. Repetir a operação de união dos tubos a situar sobre o nível do solo.
14. Unir as tubagens de impulsão e retorno aos suportes (Fig.39).

FIGURA 38. ACABAMENTO TROÇO DE IMPULSÃO

FIGURA 39. COLOCAÇÃO E SUPORTE DAS TUBAGENS

15. Passar a corda com os pistões pelo interior da tubagem de impulsão e seguidamente pela polé superior, verificando a fixação da corda para evitar que se deslize no interior do poço (este é um dos mais graves problemas que se podem apresentar na instalação e na operação da BM).

16. Passar a corda pela tubagem de retorno até alcançar a polé motriz (Fig.42).

17. Ajustar a posição da polé guia (Fig.40) que dirige a corda pela tubagem de retorno para o poço. Pode-se observar que esta polé está suportada na estrutura da polé motriz, uma das duas versões indicadas anteriormente em plano (Fig.10).

18. Colocar a tampa sobre o topo do poço (Fig.41).

19. Recobrir a corda com troços de PVC (Fig.43).

FIGURA 40. ACABAMENTO DA INSTALAÇÃO DA CORDA

FIGURA 41. COLOCAÇÃO DA TAMPA COM TUBOS E CORDA DE LEVANTAMENTO

FIGURA 42. PROTECÇÃO DA CORDA COM TUBO DE PVC

FIGURA 43. COLOCAÇÃO DA CORDA SOBRE A POLÉ SUPERIOR

FIGURA 44. ACABAMENTOS DA INSTALAÇÃO E PINTURA

Acabamentos de pintura

Os trabalhos de acabamento da pintura são realizados na fase de fabricação na oficina, porém durante a instalação há zonas que ficam sem tinta e que é preciso voltar a pintar. Mesmo assim a experiência demonstra que é melhor pintar algumas partes da bomba no fim da instalação, especialmente o mastro. As coberturas de chapa das polés e praticamente todos os componentes das polés superior e motriz devem ser pintados na oficina. Também se deve considerar que determinadas peças de aço galvanizado não necessitam ser pintadas, salvo por motivos estéticos (Fig.44 e Fig.45).

FIGURA 45. CONJUNTO DA POLÉ INSTALADA

5. OPERAÇÃO DA BOMBA DE CORDA

Operação da bomba de corda

A bomba de corda é um conjunto de mecanismos com uma importante resistência em operações normais e adversas. Porém podem-se apresentar situações de carga imprevistas, seja pelo simples facto de ser accionada por distintas pessoas ou, por exemplo, por qualquer obstáculo ou retenção no circuito da corda. Por conseguinte, deve-se tomar precauções básicas quando o accionamento para aumentar a vida útil da bomba e conseguir um bom funcionamento. Entre estas precauções destacamos as seguintes:

1. Sentido de giro da polé motriz

A bomba de corda funciona unicamente num sentido de giro. Este sentido estará indicado por uma seta pintada ou gravada numa chapa unida à cobertura da roda motriz e será bem visível para os usuários da bomba. Se equivocadamente se fizer girar a roda para o sentido contrário ao correcto, a bomba no impulsionará água e por outra parte, poderia produzir-se uma avaria se os pistões não entrarem na tubagem de retorno quando giram na guia inferior para o sentido contrário ao normal.

2. Bloqueio quando a bomba não está impulsionando

Se a bomba deixar de impulsionar, deve-se passar o trinco que cruza até aos raios da polé motriz e impedir que gire para o sentido contrário. Este trinco instala-se no suporte da cobertura (Fig. 46 e Fig.47) de modo que quando se abata sobre a polé interfira com os raios e bloqueie o giro no sentido contrário ao de impulsão.

FIGURA 46. PALANCA DO TRINCO ANTI-RETORNO

FIGURA 47. BOMBA TRAVADA PELO TRINCO

3. Velocidade de giro

Apesar de funcionar a qualquer regime de giro, a velocidade óptima da bomba de corda manual é aproximadamente de 70 rpm, tendo em conta para o cálculo da eficiência ou rendimento a relação entre a potência mecânica de accionamento e a potência hidráulica pelo caudal elevado. Com estas velocidades a potência necessária para subir 1000 litros/hora é de unos 50 W e pode ser accionada praticamente por qualquer pessoa maior de 12-13 anos (Fig.48).

FIGURA 48. ACCIONANDO A BOMBA DE CORDA. MADAGÁSCAR (SKAT-RWSN)

4. Controlo e registo do caudal de impulsão

É importante realizar medições periódicas do caudal de impulsão, e se for possível, do tempo aproximado de operação em horas. Estes registos ajudarão a saber se a bomba de corda instalada funciona correctamente e permitirão comparar o seu funcionamento com outras similares ou efectuar comparações com outras tecnologias. Por outra parte também servirão para planificar a manutenção preventiva, observando o desgaste de alguns componentes.

6. MANUTENÇÃO

A sustentabilidade dos processos de transferência de tecnologia em contextos de desenvolvimento depende bastante da frequência da manutenção. Por conseguinte, a manutenção da bomba de corda é um factor muito importante que determina o êxito ou o fracasso desta interessante tecnologia. Por esta razão, no registo antes referido do funcionamento indicam-se todas as operações de manutenção e melhoramento, incluídos os tempos de parada para manutenção ou por avarias.

É essencial portanto levar a cabo algumas tarefas de manutenção preventiva básicas:

1. Tensão da corda

O ponto de tensão adequado da corda é com certeza um dos aspectos mais importantes a considerar para o correcto funcionamento da bomba. Com o uso e a passagem do tempo a corda tende a dilatar-se ligeiramente. O aumento de comprimento diminui a tensão na corda. Se não se mantiver a tensão necessária, baixa a aderência com a polé motriz e também o rendimento da bomba. Por outra parte provoca a aparição de avarias por emaranhamento da corda, já que pode sair dos canais das polés, como se pode observar na (Fig.49). Um modo de verificar a tensão é sujeitar a corda com dois dedos e intentar girar; se a corda permite 90º a tensão será insuficiente e será preciso esticar a corda procurando o ponto de atado e voltando a esticar e atar novamente. A operação de esticamento é um processo simples embora o êxito dependa do nó utilizado. Nas Fig.50, 51 e 52 pode-se observar o nó entrelaçado plano, que permite desatar com facilidade e esticar até ao ponto desejado.

FIGURA 49. VERIFICAÇÃO DA TENSÃO DA CORDA

FIGURA 50. DESATANDO A CORDA

FIGURA 51. PREPARANDO FIOS DA CORDA PARA ATAR

FIGURA 52. ATANDO A CORDA DEPOIS DO ESTICAMENTO

2. Substituição da corda com os pistões

Esta é a tarefa de manutenção que requer o maior nível de aprendizagem e habilidade para ser realizada correctamente. Os pistões junto com a corda são a parte da bomba que sofre maior desgaste e portanto a sua substituição é uma tarefa básica. Não existe uma regra geral para substituir a corda. A corda deverá ser substituída imediatamente quando se observar um fio cortado ou deformado, quer dizer se estiver excessivamente frouxo embora não esteja cortado.

Para a substituição, tirar a corda existente e colocar a nova.

Para realizar esta tarefa deve-se seguir o procedimento abaixo indicado:

- Soltar a corda a substituir, evitando que caia no poço.
- Atar o cabo da corda nova ao cabo liberado da corda velha.
- Accionar a bomba com cuidado para a corda velha puxar a nova e introduzi-la pelas tubagens de retorno, bombeamento, etc.
- Finalmente retirar a corda velha e atar a nova com a tensão adequada.

3. Lubrificação dos rolamentos

Em realidade o desgaste dos rolamentos é mínimo já que trabalham em condições de pouca velocidade e carga. Lubrificando os rolamentos três vezes por ano será suficiente para alargar sua vida útil. A lubrificação também melhora o rendimento da bomba. Na (Fig.53) imagem 6 pode-se observar o orifício de lubrificação.

4. Pintura

A pintura de certas partes metálicas da bomba faz-se na oficina e de outras partes durante a fase de instalação. No entanto, aconselha-se pintar uma vez por ano as partes que o necessitam (Fig.55 e Fig.56), para proteger estas partes metálicas contra a corrosão. É conveniente portanto que a tinta seja de primário.

FIGURA 53. ROLAMENTO DA POLÉ MOTRIZ. NICARÁGUA

FIGURA 54. ROLAMENTOS NA POLÉ SUPERIOR. MESA, MOÇAMBIQUE

FIGURA 55. TINTA DETERIORADA NA COBERTURA DA POLÉ

FIGURA 56. ALGUNS ELEMENTOS METÁLICOS QUE PRECISAM DE SER PINTADOS

5. Outros trabalhos de manutenção

Além do que já se indicou, deve-se realizar uma inspecção visual das partes susceptíveis de sofrer avarias, entre elas as seguintes:

- Embocaduras e junções de tubos.
- Suportes das tubagens.
- Pernos de suporte e cabos de fixação do mastro.
- Ancoragens da estrutura suporte da polé motriz.
- Tampa do poço.

6. Controlo e registo de manutenção

Para saber quais as operações realizadas no sistema de impulsão com a bomba de corda é preciso anotar todas as intervenções realizadas na bomba, no poço e no depósito elevado de descarga. Recomenda-se ter um caderno de operações, que estará em poder do órgão de gestão de cada bomba, para anotar todas as intervenções, assim como as datas e os custos.

Conceitos básicos de salubridade a ter em conta

- Evitar a queda de materiais no poço.
- Afastar os animais do recinto do poço.
- Evitar o contacto dos usuários com a corda ou com os pistões.
- Controlar o tempo de permanência da água no depósito elevado.
- Situar a uma distância suficiente as latrinas e lavadeiros para evitar a contaminação no aquífero.

7. FONTES DOCUMENTAIS E BIBLIOGRAFIA

- Desenho de um sistema de impulsão com bomba de corda.2009. Gabriel Rebassa Projecto final de carreira. Universidade Politécnica de Madrid.
- Madagascar Rope Pump Specification, 2004. Alexis Randrianasolo, Karl Erpf. SKAT-RWSN Publication.

- O conceito de bomba de corda. 2005. Karl Erpf. SKAT-RWSN Publication.
- Rope Pump Manual. 2006. Arjen van der Val, Henk Holstag, Jan de Jong. Fundação Prática. www.practicafoundation.ni
- Tecnologia hidráulica para o desenvolvimento. Sistemas de impulsão. 2009 José Antonio Mancebo. ICHAB. Universidade Politécnica de Madrid.
- Construtores de bombas de corda:
- AMEC. Luis Román. Manágua, Nicarágua.
- Bombas de corda. Tecnology Transfers Division. Henk Alberts, Carretera Vieja a León. PO Box 3352 Manágua, Nicarágua. www.ropepump.com
- Nelson Morazán, Somoto, Nicarágua.
- SKAT-RWSN. Wadianstrasse, 42. CH 9000. St Gallen. Switzerland. www.rwsn.ch
- TARATRA. Mr. Arsène Raveloson. Lot II. L 73 bis. 101 Antananarivo, Madagascar.

SEGUNDA PARTE

Anexos

Anexo 1

OS DIFERENTES TIPOS DE BOMBA DE CORDA. INOVAÇÕES: A BOMBA DE CORDA MISTA

Nas duas últimas décadas, a bomba de corda despertou um grande interesse em países em vias de desenvolvimento, com problemas de acesso à água nas zonas rurais. Numerosos organismos internacionais e ONG interessaram-se por esta tecnologia devido ao seu baixo custo, simplicidade, eficiência, durabilidade e escassas necessidades de manutenção.

FIGURA 57. BOMBA DE CORDA TIPO BM-I. NICARÁGUA

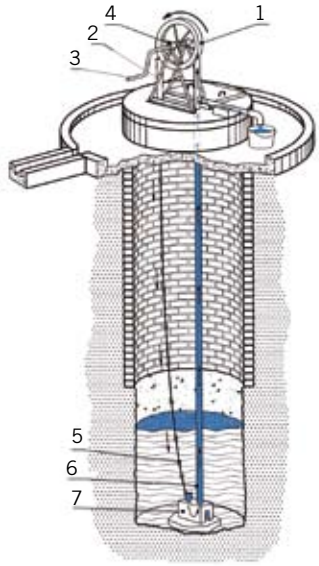
FIGURA 58. MODELO BM-II NICARÁGUA

Basicamente existem dois modelos de bombas de corda. O modelo BM-I que situa a extracção ao nível da borda do poço (Fig.57), e o BM-II que eleva essa saída até 6 metros por cima. Em ambos os casos, as partes fundamentais da bomba são as mesmas.

Partes fundamentais da bomba BM-I

Como foi indicado anteriormente no presente trabalho, a primeira bomba de corda corresponde ao modelo BM-I, e dentro dela, a que se instala num poço construído manualmente. A (Fig.59) mostra este tipo de bomba com a legenda das partes principais.

FIGURA 59. BOMBA DE CORDA BM-I NUM POÇO



1. Polé de tracção.
2. Estrutura da polé de tracção.
3. Eixo-manivela.
4. Rolamentos.
5. Corda com pistões.
6. Tubagens de bombeamento e retorno.
7. Guia Inferior.

A tecnologia da bomba de corda pode ser instalada em sondagens mecânicas substituindo a guia inferior por uma mais compacta, conhecida como guia para poço encamisado, e entubando também o retorno.

Quando a bomba de corda é instalada num poço encamisado, utiliza-se na guia inferior uma das soluções mostradas nas (Fig. 60 e 61).

FIGURA 60. GUIA INFERIOR MACIÇA

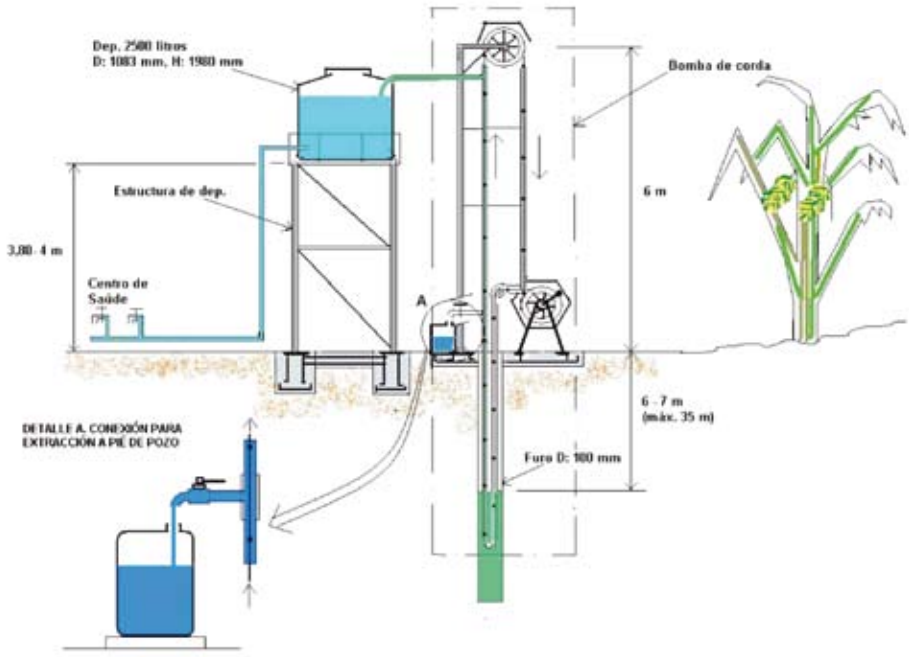
FIGURA 61. GUIA INFERIOR ALIGEIRADA

A bomba de corda combinada

Como se apontou frequentemente, a bomba de corda BM-II é capaz de fazer subir a água até 5,5 ou 6 m. Porém em certos casos pode ser conveniente, incluso necessário, dispor de água no pé do poço sem depender do bom funcionamento do sistema de depósito elevado. Dado que esta prestação é a que define a BM-I, pode-se acrescentar uma pequena modificação à BM-II que permitiria ter esta prestação adicional ou combinada. Apenas é necessário inserir um "Tê" na tubagem de impulsão, do mesmo diâmetro, para minimizar a fricção dos pistões na subida, e um conduto lateral com uma torneira, (Fig 62). Deste modo, com a torneira fechada, a bomba comporta-se como o modelo BM-II e quando se abre, a água sai em parte pela torneira colocada ao pé e alguma porção do caudal pode subir até ao depósito, em função da abertura da torneira. Deste modo para tomar amostras para análise, é preciso primeiro introduzir água no depósito.

FIGURA 62. BM-II COM EXTRACÇÃO AO PÉ DO POÇO

ESQUEMA GERAL DE BOMBA DE CORDA E DEPÓSITO. CENTRO DE SAÚDE DE LINDE, DISTRITO MONTEPUEZ. PROVINCIA CABO DELGADO. MOÇAMBIQUE
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID-ESPAÑA, AGOSTO 2009



Outras inovações

A bomba de corda está em um contínuo processo de estudo para incorporar melhoramentos. Neste sentido se está a trabalhar em novos tipos de corda, intentando evitar os nós que desalinham o sistema corda-pistão e dificultam a entrada nos tubos, assim como novos pistões, com menos folga e melhor resposta hidrodinâmica e tubos mais resistentes, junções, rolamentos, etc.

FIGURA 63. MANIVELA DE ACCIONAMENTO

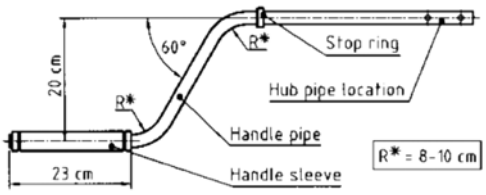


FIGURA 64. CILINDRO OCO NUM MANGO DE MANIVELA

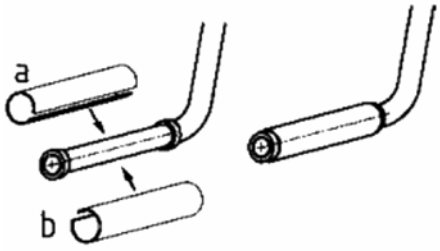


FIGURA 65. CORDA COM TAMPAS SEM NÓ

FIGURA 66. CORRECTA UNIÃO DE PORÇÕES DE RODA

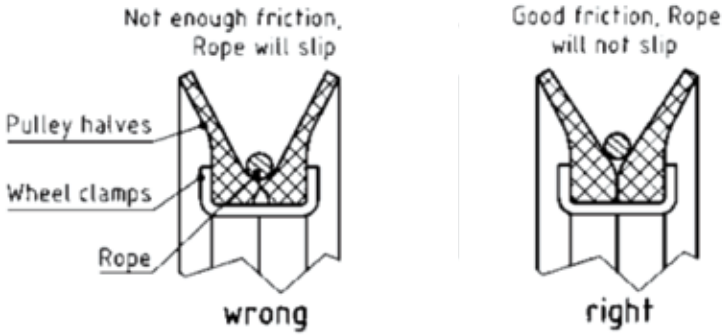


FIGURA 67. ACCIONAMENTO COM DUPLA MANIVELA

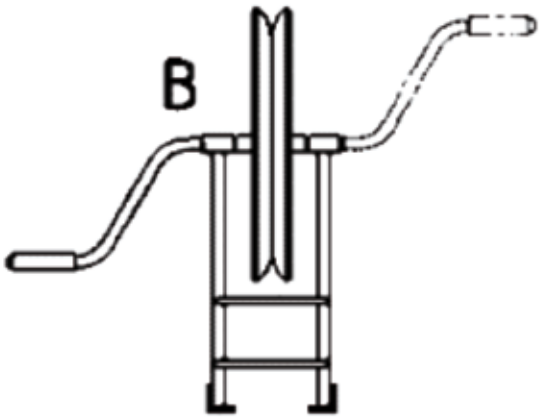
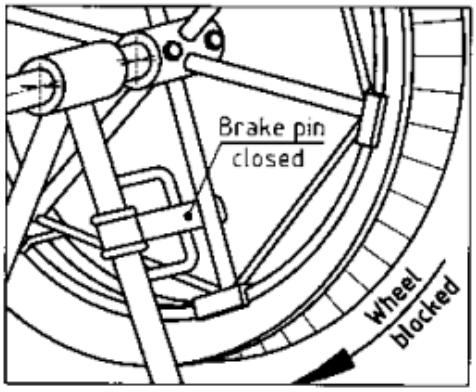
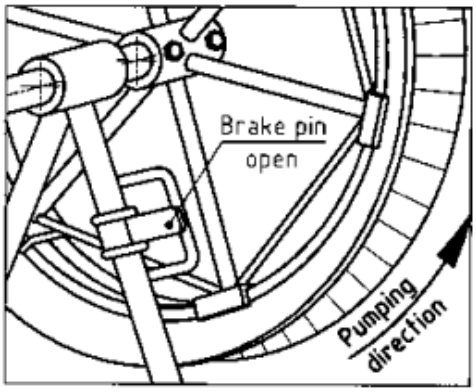


FIGURA 68. TRINCO PARA TRAVÃO





Anexo 2

BREVE COMPARAÇÃO DAS BOMBAS MANUAIS DENTRO DA APLICAÇÃO DA BOMBA DE CORDA

TABELA 2. COMPARAÇÃO ENTRE DISTINTOS TIPOS DE BOMBAS MANUAIS

	BM-I	BM-II	AFRIDEV	NIRA	INDIA MARK II
Preço	8000-12.000 Mt	15000-20.000 Mt	42.000 Mt	44.000 Mt	110.000 Mt
Caudal a 20 metros	1000-1500 l/h	1000-1500 l/h	900 l/h	1400 l/h	900 l/h
Max. Profundidade	45 m	40 m	45 m	25 m	80 m
Manutenção	400 M/ano	600 M/ano	4.000 M/ano	2.500 M/ano	5.500 M/ano
Reparações manutenção	Não requer Técnico	Não requer Técnico	Requer Técnico	Requer Técnico	Requer Técnico
Material	Local	Local	Local / importado	Importado	Importado

Anexo 3

LISTA DE MATERIAIS E ESTIMATIVA DE CUSTOS PARA BM-II EM MOÇAMBIQUE

TABELA 3. TABELA DE CÁLCULO PARA BOMBA DE CORDA

Tipo de Material	Unidade	Preço/ unidade (M)	Preço/m (M)	Quantidade/ bomba	Preço/bom (M)
Chapa galvanizada	2 m^2	1500	750,00	2	1500,00
Chapa de ferro 8 mm esp.	2 m^2	10550	5275,00	0,15	791,25
Tubo galvanizado 3/4"	6 m	450	75,00	12	900,00
Tubo galvanizado 1"	6 m	550	91,67	1	91,67
Cantoneira 25x25x3 mm	6 m	420	70,00	6	420,00
Cantoneira 30x30x5 mm	6 m	1100	183,33	3	550,00
Cantoneira 40x40x5 mm	6 m	1650	275,00	3,5	962,50
Barra 30x3 mm	6 m	200	33,33	2,55	85,00
Barra 40x5 mm	6 m	650	108,33	0	0,00
Barra 30x5 mm	6 m	500	83,33	6	500,00
Varão Ø 10	6 m	140	23,33	1,5	35,00
Varão Ø 6	6 m	50	8,33	0	0,00
Varão Ø 16	6 m	550	91,67	6	550,00
CM: Preço total dos materiais					**6.385,42**

Produção/Operação	Preço/hora	Tempo/unid (hora)	Preço/bom (M)
Fabricação, soldadura, montagem etc.	45	60	2.700
Pintura	40	6	240
Placa, guia, roldana, manivela, mastro, etc.	40	18	720
Pistão	40	5	200
Outros	40	3	120
Instalação	40	15	600
Controlo final de qualidade	40	3	120
CP: Preço de Produção			**4.700**

Itens adicionais	Unid	Preço/ unid (M)	Quant/bomba	Preço/bom (M)
Eléctrodos	1 Kg	85,00	2,00	170,00
Pneu	Un	125,00	2,00	250,00
Rolamento	Un	234,00	4,00	936,00
Tubo galvanizado 2 1/2"	6 m	2350,00	1,00	2350,00
Tubagem VD32	3 m	150,00	12,00	1800,00
Tubagem VD25	3 m	85,00	12,00	1020,00
Tubagem PVC 50 mm	1 m	250,00	1,00	250,00
Redução 50 para 25 mm PVC	Un	135,00	2,00	270,00
Te PVC 50 mm	Un	75,00	1,00	75,00
Pistões de borracha	Un	12,50	60,00	750,00
Corda nylon, 5 mm	1m	2,50	60,00	150,00
Folha de lixa	Un	20,00	12,00	240,00
Lixa de folha 120	Un	30,00	1,00	30,00
Disco de corte e lima	Un	150,00	4,00	600,00
Tinta primária, rede oxide	1	125,00	4,00	500,00
Tinta secundária, azul	1	125,00	4,00	500,00
Pernos M14	1	50,00	4,00	200,00
Parafuso, M8 x 90 com 2 porcas	1	35,00	12,00	420,00
Parafusos de M10 mm com porcas	1	50,00	0,00	0,00
Puli	1	150,00	1,00	150,00
Cola PVC lata	Un	220,00	0,25	55,00
Molde pistões	div	50,00	1,00	50,00
Tiner	Un	220,00	0,25	55,00
Vedantes de borracha INT p exterior	div	50,00	1,00	50,00
CA: Preço Total Adicional				**10.901,00**

Preço 1:	**CM+CP+CA**	**21.986,42**
Preço 2:	Preço1+5% preço 1	**23.085,74**
Riscos e benefícios	15 % Preço 2	
PV	Preço da venda (cotação)	

Tempo total de fabricação	Tempo de entrega: semana_____
Data/Assinatura	Preço de Venda: _____USD